

УДК 572.22, 581.1, 633.11, 633.16, 633.521.

**Н. А. Боме¹, К. П. Королев¹,
Н. В. Тетянников¹,
Н. Н. Колоколова¹, А. Я. Боме¹,
Л. И. Вайсфельд²,
Л. А. Вассерман², В. Г. Гольштейн³**

¹Тюменский государственный университет
625003, Россия, г. Тюмень, ул. Володарского, 6,
botena@mail.ru

²Институт биохимической физики им. Н. М. Эмануэля РАН,
119334, Россия, г. Москва, ул. Косыгина, 4

³ВНИИ крахмалопродуктов – филиал
ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН
140051, Россия, Московская обл., п. Красково, ул. Некрасова, 11

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЛЕРАНТНОСТИ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ*

Ключевые слова: стресс, абиотические факторы, хлорофилл, крахмал.

Основными факторами окружающей среды, ограничивающими производительность сельскохозяйственных растений, являются засуха, засоление почв, температурные колебания. Неблагоприятные последствия стрессов усугубляются изменением климата и непредсказуемостью погодных условий [1]. Анализ метеорологических данных 25 вегетационных периодов (1993–2017) в северной лесостепной агроэкологической зоне Тюменской области показал, что только 24% были близки к среднему многолетнему значению по количеству осадков и 48% – по среднесуточной температуре воздуха. В течение 10 лет вегетация растений проходила при недостатке влаги, из них 7 лет сопровождалась повышенной температурой воздуха. По теплообеспеченности 11 лет превышали норму, 2 года были прохладными. В связи с этим одной из главных проблем растениеводства является поддержание урожайности сельскохозяйственных растений при экологических стрессах. Сравнение видов и сортов растений, подверженных различным стрессам, позволяет определить адаптивные ответы, связанные с каждым неблагоприятным состоянием.

Нами проведена серия лабораторных и полевых опытов, в которых растения яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.), ячменя (*Hordeum vulgare* L.), льна-долгунца и льна масличного (*Linum usitatissimum* L.) подвергались воздействию хлоридного засоления, дефицита влаги, пониженных температур. В лабораторных условиях стресс засухи и засоления был создан посредством растворов сахарозы (5,0; 8,0; 15,0; 20%) и NaCl (0,98; 1,40; 2,70%). При холодовом стрессе семена проращивали при пониженных температурах (0–3 °C). Классическим подходом при отборе форм в популяциях, адаптированных к неблагоприятным факторам, остается исследование изменчивости количественных признаков. При высоких уровнях моделируемых индивидуальных стрессов в большинстве случаев отмечали сдвиг в соотношении сырой массы

корней и побегов. Сорта с хорошо развитой первичной корневой системой проявляли более высокую толерантность к засухе, засолению и холоду. Индексы длины корней и побегов позволяют уже на начальных этапах онтогенеза судить о динамике процессов адаптации. При оценке толерантности новых форм к гидротермическим стрессам информативными показателями являются полевая всхожесть семян, выживаемость (отношение числа сохранившихся растений к уборке к числу всходов), биологическая устойчивость (отношение числа сохранившихся растений к уборке к числу высевных семян).

Рассматриваемая группа тестов на нескольких видах растений позволяет выявить особенности внутрипопуляционной изменчивости на фенотипическом уровне. В качестве физиологического критерия используют содержание хлорофилла в клетках листьев при проведении экспресс-диагностики без изъятия растений из агроценозов с помощью оптического счетчика SPAD-502 (Minolta Camera Co, Ltd, Токио, Япония) [2–4]. Обнаружены существенные различия между 20 сортами *Linum usitatissimum* L. по среднесуточному накоплению хлорофилла в листьях до цветения и его деградации в фазах зеленой и ранней желтой спелости. Выявлено преимущество сортов по урожайности тресты и семян с относительно быстрым увеличением показаний SPAD до фазы цветения и равномерным снижением их при наступлении спелости. Показана сопряженность в лабораторных и естественных полевых условиях количества хлорофилла с высотой растений ($r = 0,65$; $r = 0,89$, соответственно), числом листьев ($r = 0,36$; $r = 0,25$, соответственно), площадью листа ($r = 0,35$) и выживаемостью растений в фазах бутонизации ($r = 0,22$) и ранней желтой спелости ($r = 0,24$). Отмечены существенные различия у 149 коллекционных образцов *Hordeum vulgare* L. по содержанию хлорофилла в клетках флаговых листьев. Образцы распределены на четыре группы по индексу хлорофилла (отношение spad к площади флаг-листа): $>3,0$ низкий (19 образцов); 3,1–7 средний (91 образец); 7,1–10 высокий (29 образцов); $10,1 <$ очень высокий (7 образцов). Обнаружена средней силы связь содержания хлорофилла в листьях с числом продуктивных стеблей ($r = 0,32$) и урожайностью ($r = 0,3$).

Стресс-факторы могут нарушить нормальный уровень крахмала в тканях растений, рассматриваемый как резервуар для сахара и регулирующий баланс углерода в растениях [5]. Нами в качестве стресс-фактора исследован химический мутаген фосфемид. Обработка семян ячменя фосфемидом в концентрации 0,002% у двух образцов (DZ02–129, к-22934, Эфиопия, var. *nigripallidum* и Зерноградский 813, к-30453, Россия, var. *erectum*) приводилась во втором поколении (M2) к снижению массовой доли амилозы в крахмале на 5,2–6%. У образца С.И. 10995, к-30630, Перу, var. *sinicum* отрицательного эффекта от воздействия мутагена не обнаружено. Данный образец характеризовался по сравнению с другими высокой устойчивостью к мутагену по проявлению количественных признаков и обнаружил большее число изменений как по семьям, так и по отдельным растениям. Суммарно по двум концентрациям у него зарегистрировано 50% семей и 48,9% растений с мутационными изменениями, в то время как на долю образцов Зерноградский 813 и Dz 02–129 приходится 31,9 и 18,1% семей и 31,6 и 19,5% растений соответственно.

Таким образом, комплексное исследование в регулируемых лабораторных экспериментах и естественных полевых условиях с использованием морфологических, физиологических и биохимических критериев позволяет описать общую реакцию сельскохозяйственных культур на меняющиеся факторы окружающей среды, а также выявить разнообразие генотипов по чувствительности к каждому фактору.

Список литературы

1. *Porter J. R., Semenov M. A.* Crop responses to climatic variation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B // Biological Sciences*. 2005. Vol. 360 (1463). P. 2021–2035.
2. *Buschmann C., Konanz S., Zhou M.* Excitation kinetics of chlorophyll fluorescence during light-induced greening and establishment of photosynthetic activity of barley seedlings // *Photosynthetica*. 2013. Vol. 51. P. 221.
3. *Honsdorf N., March, T., Hecht, A., Eglinton J.* Evaluation of juvenile drought stress tolerance and genotyping by sequencing with wild barley introgression lines // *Molecular Breeding*. 2014. Vol. 34. P. 1475.
4. *Pour-Aboughadareh A., Ahmadi J., Mehrabi A.* Physiological responses to drought stress in wild relatives of wheat: implications for wheat improvement // *Acta Physiology Plant*. 2017. Vol. 39. P. 106.
5. *Talman M., Santelia D.* Starch as a determinant of plant fitness under abiotic stress // *New Phytologist*. 2017. Vol. 214. P. 943–951.

УДК 632.4.01/08: 579.64

**В. Г. Джавахия, Т. М. Воинова,
Н. В. Стацюк, Л. А. Щербакова**

*ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский
институт фитопатологии,
143050, Россия, Московская обл., Одинцовский район,
Большие Вяземы, ВНИИФ
vitaly@vniif.ru*

ПОВЫШЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ФИТОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ К ПРОМЫШЛЕННОМУ ФУНГИЦИДУ «ФОЛИКУРУ» С ПОМОЩЬЮ АНАЛОГОВ ПРИРОДНЫХ АМИНОКИСЛОТ*

Ключевые слова: хемосенсибилизация, фитопатогенные грибы, фунгициды, фосфоаналоги аминокислот, биосинтез поликетидов.

Согласно ряду авторов, биосинтез поликетидных микотоксинов у ряда фитопатогенных грибов является ответной реакцией на окислительный стресс и связан с их патогенностью [1]. Нельзя исключить, что вещества, ингибирующие этот метаболизм, могут повышать чувствительность фитопатогенных

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-16-00084.

© Джавахия В. Г., Воинова Т. М., Стацюк Н. В., Щербакова Л. А., 2018